

PROJEKTI LÕPPARUANNE ⁵

1. PROJEKTI NIMETUS: Biolagunevatest jäätmetest valmistatud komposti ohutu kasutamine põllumajanduses

2. PROJEKTI NIMETUS INGLISE KEELES: Safe use of solid waste composts in agriculture

3. PROJEKTI KESTUS **Algus:** 2011 **Lõpp:** 2014

4. PROJEKTI LÕPPARUANDE LÜHIKOKKUVÕTE:

Kõige tavalisem, paindlikum ja kõige vähem investeringuid nõudev orgaaniliste jäätmete käitlusviis on kompostimine. Kompostimisel kulgevate bioloogiliste, keemiliste ja füüsikaliste protsesside edukaks toimimiseks on vaja täita teatud nõudeid, mis võivad iga jäätmeliigi jaoks olla pisut erinevad. Arusaadavalt erineb teatud määral ka iga kompostipartii koostis.

Komposti sertifitseerimine

Jäätmeseadus loeb jäätmete bioloogilist ringlussevõttu taaskasutamistoiminguks. Biolagunevad jäätmed lakkavad olemast jäätmed ning neist saab toode (kvaliteetkompost) siis, kui komposti valmistamisel on kasutatud vaid lahkusorditud jäätmeid ning nii kompostimine kui ka saadud kompost on sertifitseeritud. Sertifitseerimine on vabatahtlik, kuid see on parim viis tagada, et kompost on kasutamiseks ohutu. Ükski teine kontrollmehhanism ei ole sellega võrreldavat süstemaatiline. Sertifitseerimine eeldab kompostimise seiret, dokumenteerimist ja temperatuuri sagedast mõõtmist ning keemilisi analüüse. Sertifitseerimisasutust 2015. a. algul veel ei ole, kuid see on loomisel.

Sertifitseeritud kompostis peab olema teada üldlämmastiku-, üldfosfori- ja üldkaaliumisisaldus (% kuivainest), mahumass (g/l), veesisaldus (g/l) ning pH ning raskmetallide sisaldused. Eestis ei tohi komposti raskmetallisaldus olla suurem kui: Pb 130, Cd 1,3, Cr 60, Ni 40, Hg 0,45, Zn 600 mg/kg KA. Komposti kuivaines peab olema vähemalt 15 % orgaanilist ainet ning kuivaines ei tohi olla üle 0,5% võõriseid. Kompostiliitris ei tohi leiduda üle kahe idanemisvõimelise umbrohuseemne ning 25 grammis kuivas kompostis ühtki Salmonella bakterit.

Kompostide keemilised omadused

Aastatel 2011–2012 analüüsiti 23 eri tootja komposte. Uurimise alla võeti kompostid, mis võimalikult adekvaatselt iseloomustaksid eri lähteainetest Eestis toodetud kompostide põhimassi, st et tulemus oleks võimalikult palju üldistatav. Valikusse võeti kompostid, mille lähtematerjaliks olid mitmesugused lahuskogutud jäätmed, reoveesete, sõnnik, ning üks materjal, mis oli valmistatud sortimata olmejäätmetest. Uuringu autorid on ettevõtetele tänulikud koostöö eest ja rõhutavad, et tulemused kajastavad vaid hetkeolukorda ega ole mõeldud kompostide pingeritta seadmiseks ega kritiseerimiseks.

Raskmetallide poolest ületas seaduse lubatud piirnorme 23-st analüüsitud kompostist seitse enamasti üksikute metallide osas, kusjuures seda oli igas vaadeldud kategoorias. Kõige sagedamini ületas piirväärtust tsink. Liiga suure raskmetallisalduse korral tuleks tootjal teha audit ning vaadata üle lähtematerjal (nt tsink toidujäätmetes või loomasöödas), tugimaterjal, aga ka kompostimiseks kasutatavad riistad või plats, mis võivad olla saastunud.

Segajäätmetest valmistatud nn MBT peenfraktsioon, ehk 'praakkompost' sisaldas kõiki raskmetalle üle normi, mistõttu seda põllumulda viia ei tohi. Aastaks 2015 on MBT materjali osakaal Eesti jäätmekäitluses muutunud marginaalseks ning valimis olnud ettevõtte on lõpetanud tegevuse.

Fosforisisaldus oli oodatult suur reoveesetekompostis ($\geq 3\%$). Samas oli reoveesetet, kus fosforisisaldus oli üllatavalt väike. See viitab puudulikule fosforiärastusele veepuhastusprotsessi käigus.

Liiga madal pH on iseloomulik vaid reoveesetekompostile. See võib olla põhjustatud tugimaterjali valikust (turvas) või liiga värskest kompostist. Happelises lagufaasis kompost ei ole turustamiseks küps ja tuleb jätta järelevalvima. Valimis olnud kõik kompostid osutusid hapnikutarbe järgi hinnates siiski stabiilseteks.

C ja N väärtused erinevad tootjate lõikes palju. See viitab vajadusele käsitleda ja turustada komposte tootjate, tooteliikide või selle kasutajate sihtrühmade kaupa, mitte aga üldnimetuse 'kompost' all.

Suvinisu idanemine, kasvamine ja umbrohtumine

Kompostide lisamisega mineraalmulda üldjuhul paranes idanemiskeskond, mille tulemusel taimede tärkamise protsent oli kõrgem kui mineraalmullal. Mõned kompostid avaldasid taimede tärkamisele inhibeerivat mõju. Loomiskatse näitas, et kompostides ei ole sageli piisavalt taimede jaoks toiteelemente, või need ei ole õiges vahekorras. Eriti reoveesetekompostid sisaldasid pahatihti liiga palju lämmastikku ja fosforit, mille toimel taimede kasvuperiood pikeneb, sest taimed läbivad kasvufaase aeglasemalt. Tasakaalustamata väetamise juures taimik lamandus. Mineraalväetise ja orgaanilise väetise kooskasutamine on tõhusa toimega. Vaid mahepõllumajanduses ei

ole see mõeldav. Toitainebilansi koostamisel tuleb arvestada komposti mitmeaastast mõju: laotamisjärgsel aastal vabaneb kuni pool toitainetest ning järelmõju ulatub vähemalt kolme aastani.

Puhtasse komposti taimi istutada ei tohi, ehkki tähelepanekute kohaselt eksitakse selle vastu eriti linnahaljastuse rajamisel sageli. Selles osas tuleb tarbijaid järjepidevalt teavitada.

Kuna kompostid erinevad oma omadustelt ka ühe ja sama tootja erinevate partiide lõikes, siis on mõistlik, kui komposti tootja oskab omal käel sooritada esmased idanemiskatsed, nt kressikatse, mis annab mõne päeva jooksul vastuse iga vaadeldava kompostipartii inhibeeriva toime kohta taimedele.

Uuringus tuvastati üllatavalt palju umbrohtumust – iga teine kompost oli saastunud umbrohuseemnetega, mida leiti kokku 20 eri liiki. Oli iseloomulik, et halvasti hooldatud kompostides oli umbrohtu rohkem kui neis kompostides, kus temperatuur oli olnud kõrge ning aunasid regulaarselt segati. Tuulekandest võivad umbrohuga saastuda ka need kompostid, mis valmimise ajal on olnud väga hea kvaliteediga. Komposti tootja peaks veenduma, et kompost läbis kuuma temperatuurirežiimi, 60–70 °C, mille juures umbrohuseemned hukuvad. Kompostiaunu tuleb regulaarselt segada, et tärgranud umbrohi hukkuks, kompost auna külmadest tsoonidest satuks aga auna südamikku kuuma tsooni. Järeldamiseks jäetud kompostid tuleks katta õhku läbi laskva kattematerjaliga. Ka see probleem on leevendatav sertifitseerimise abil – selle käigus vaadatakse üle ju ka kompostiplatsil toimuv ning jagatakse näpunäiteid ebasoovitavate tegevuste/tulemuste vältimiseks.

Põldkatsed

Põldkatsed Jõelähtme kompostiga viidi läbi nii Tartus kui ka Kuusikul aastatel 2012–2014. Välja valitud kompost on valmistatud lahuskogutud biolagunevatest jätmetest, kolmanda kategooria loomsetest kõrvalsaadustest ning seda on valmib Eesti mõistes väga suurel hulgal. Komposti valmistaja, Tallinna Jätmete Taaskasutuskeskus, on olnud aktiivne osapool sertifitseerimissüsteemi loomisel Eestis.

Mõlemas katses viidi kompost mulda oder „Anni“ kasvuaastale eelnenud sügisel. Tartu katsealal oli tegu huumusvaese (<2%) näivleeturunud mullaga, Kuusiku katsealal oli seevastu huumusrikkam rähkne liivsavi muld.

Eerika

Tartu põldkatses anti komposti kolme normiga (200, 275 ja 350 kg N/ha) sügiskünnil 23–25 cm sügavusele ning selle toormassi kogused varieerusid kuivaine ja lämmastiksisalduse erinevuste tõttu aastati vahemikus 8–28 t/ha. Katses olid võrdlusvariantidena mineraalse lämmastikväetise normid 0, 40, 80, 120 ja 160 kg N/ha nii ilma orgaaniliste väetisteta ka taheda veisesõnnikuga külvikorras. Komposti kasutamisel saadi suurim enamsaak 2014. aastal ja ebasoodsaim oli odra kasvuks 2013. aasta. Võrreldes kontrollvariandiga andis kolme katseaasta keskmisena kompost normide 200, 275 ja 350 kg N/ha juures saagilisa vastavalt 0,87, 1,13 ja 1,52 t/ha. Statistiliselt usutavad erinevused saagikuses erinevate komposti normide vahel puudusid. Põhjuseks võib olla tõenäoliselt 2012. ja 2013. aasta suhteliselt ebasoodsad ilmastikuolud ja komposti künniga mulda viimise tehnoloogia. Künnisügavusse mulda viidud komposti toitained ei olnud kevadel taimede algarengul tõenäoliselt kättesaadavad. Odra saagikuse varieeruvusest määras suurima osa aasta ja mineraalse lämmastikväetise (0–160 kg N/ha) kasutamine, vastavalt 31 % ja 34 %. Komposti mõju saagikuse varieeruvusele oli väiksem (12 %), ent siiski statistiliselt oluline. Komposti otsemõjul suurenes odra saagikus 30–41 %, esimese aasta järelmõjuna kartuli saagikus 20–32 % ning teise aasta järelmõjuna nisu saagikus 8–17 %. Seega kompost omab saagikusele üsna märkimisväärset positiivset järelmõju, mis on ootuspäraselt ajas kahanev. Võrreldes väetamata kontrollvariandiga jääb sõltuvalt odra kokkuostuhinnast väiksema komposti normi kasutamisel saadav lisatulu vahemikku 90–140 €/ha ning suuremate annuste korral on see 110–185 €/ha. See summa peaks katma komposti ostmise ja käitlemisega (transport, laotamine jms) kaasnevad kulud. Nii käesolev kui varasemad uuringud on näidanud mineraal- ja orgaaniliste väetiste kooskasutamise tõhusust. Järelikult võib eeldada külvikorras ka komposti ja mineraalväetiste kooskasutamise sünergiaat nii saagile kui ka tulukusele. Kompsti kasutamine omas positiivset või neutraalset mõju teravilja kvaliteedile. Mahukaalule ja 1000 teramassile mõjus kompost võrdväärselt mineraalse lämmastikuga väetamisega, aga toorproteiinisisaldust suurendasid kõrged mineraalse N normid enam. Kompsti normi suurendamise vähest efektiivsust ja keskkonnanõuded arvestades tuleb soovitada katsetatud komposti väiksemate laotusnormide kasutamist.

Kuusiku

Kuusiku põldkatses oli lisaks väetisvariantidele (NPK mineraalväetis; NPK + kompost 13 t/ha; NPK + vedelsõnnik 33 t/ha) kolm erinevat mullaharimisviisi (pindmine mullaharimine 8–10 cm; tavakünd 22–25 cm; sügavkünn 33–35 cm). Kuna orgaanilised väetised viidi mulda igal aastal ühe ja sama füüsilise laotusnormiga, siis kuivaine ja toitainete sisalduste varieeruvuse tõttu erinesid taimedele kättesaadavate toitainete kogused aastati. Sarnaselt Tartu katsele oli Kuusikul suurim odra terasaagikus 2014. aastal ja ebasoodsaim oli odra kasvuks 2013. aasta. Pindmise mullaharimise variandis suurenes komposti mõjul odra saagikus 2012. aastal 5,7 % ja 2013. aastal 8,7% ning vähenes 2014. aastal 2,9 %. Tavakünni variandis vähenes komposti mõjul odra saagikus 2013. aastal 3,0 % ja 2014. aastal 3,3 % ning suurenes 2012. aastal 4,5 %. Sügavkünni variandis suurenes komposti mõjul odra saagikus 2012. aastal 0,2 % ja 2013. aastal 1,9 % ning vähenes 2014. aastal 2,4 %. Enamikel aastatel komposti kasutamine staatiliselt usutavalt saagikust ei mõjutanud. Siiski tuvastati Kuusiku katses oluline komposti järelmõju põllukultuuride produktiivsusele. Võrreldes Tartu põldkatsega olid Kuusikul saadud väikesed enamsaagid arvestades kaasnenud mineraalväetise kasutust ja lämmastiku(huumus)rikkast mulda ootuspärased. Järelikult tuleb

komposti kasutamisel lähtuda nii komposti kui ka mulla omadustest ja rakendatud agrotehnoloogia tasemest.

Komposti vedu ja laotamine

Võrreldes mineraalväetistega on sama toitainekoguse taimedeni toimetamiseks vaja laadida, vedada ja ladustada märkimisväärselt suurem kogus komposti. Kuna komposti laotamiseks sobivaim ajavahemik on lühike, on otstarbekas komposti ettevedu ja laotamine teineteisest lahutada. See omakorda tähendab sobivate ladustuspaikade leidmist põldude läheduses. Arvestades Eesti vihmaderohket ilmastikku, tuleb kaaluda kompostikuhjade katmist. Säärane võte vähendab oluliselt toitainete pinnaveega ärakandumise riski. Siinkohal tasub tõsiselt võtta sõnniku ladustamisel saadud kogemusi ja arvestada veekaitsevenõuetega.

Nõukatsed

Nõukatsetes kasvatati nii toidutaimi (rukola, basiilik), suvelilli kui püsililli. Kompostide paljususe ja substraatides kasutatud komposti-turba eri vahekorra tõttu oli ka katsevariante palju. Suvelilletaimede kasvusubstraadina segus turbaga sobisid uurimiselustest kompostidest kõige paremini lämmastikurikkad reoveesetekompostid. Taimede dekoratiivsed omadused olid suhteliselt head ka substraadisegudes väiksema (25 %) kompostikoguse ja madalama substraadi EC näidu korral. Mõni kompost avaldas õite moodustumisele negatiivset mõju, mistõttu komposti tootja peab paratamatult ka ise panustama taimekatsetesse, et oma toodangut paremini tunda.

Ka madalama kvaliteediga jäätmekomposte on võimalik kasutada konteinerilutaimede kasvusubstraadina või selle koostisosana. See on olenev muudugi nii kasutusvajadusest, kasvatatavast liigist kui ka komposti füüsikalise-keemilistest omadustest.

Mõju toidukultuuride saagi ohutusele

Komposti kasutamisel on väga oluline hinnata ka selle võimalikku mõju toidukultuuride saagi ohutusele. Raskmetallide taimede poolt omastatavuse hindamiseks viidi läbi nõukatse Tartu ja Kuusiku katseala mulla ning Jõelähtme komposti erinevate normidega (kompost 100 %, 275 kg N/ha ja 500 kg N/ha). Kultuurid olid salatkress ja oder „Anni“. Komposti lisamine mõjus analüüsitud näitajatele kasvusegude enamasti seaduspäraselt, st selle abil toiteainete kontsentratsioon ja ka pH suurenesid. Kaadmiumi, plii ja vase sisaldus on kompostis küll lähtemuldadest suurem, ent komposti lisamine mullale raskmetallide sisaldust oluliselt ei mõjutanud. Puhta komposti peal kress ei tärnanud. Komposti lisamisel ei ilmnunud kaadmiumi, plii, kroomi ja tsiingi sisalduse kasvu kressi maapealses biomassis. Komposti normi suurenedes on Kuusiku mullal usutavalt vähenenud Cd sisaldus kressis. See näitab, et komposti lisamine võib mõne raskmetalli omastatavust lühikese kasvuperioodiga taime poolt isegi vähendada. Vähenenud biosaadavust võib põhjendada raskmetallide tugevama sidumisega lisandunud kompostis ja vähenenud happesusega. Kõikides katsevariantides jäi odraterades toksiliste metallide kaadmiumi, plii ja kroomi sisaldus alla määramispiiri. Isegi puhtal kompostil kasvanud odra põhus ei olnud Cd, Pb, Cr ja Cu sisaldus usutavalt suurenenud. Komposti mõju avaldub alles peale pikaajalist kasutamist. Seetõttu on soovitatav välikatseid sama meetodika alusel jätkata.

5. LÜHIKOKKUVÕTE INGLISE KEELES:

The amount of composts from non-agricultural origin is increasing in Estonia. Compost is being produced from organic municipal and industrial wastes, digestate, and sewage sludge. Generally, composts are considered as nutrient-rich substrates, which are utilised on agricultural land. However, these composts may contain potentially harmful compounds that accumulate in soil or crops. The objective of the project was to audit various composts, perform field and pot trials, and study safe utilisation of composts in agriculture.

First, an inventory of waste composts was made. The composition of composts was analysed according to Estonian law and Quality Assurance Manual of European Compost Network (ECN). In total, 23 composts were collected: waste composts, sludge composts, manure composts and fine fraction from mechanical-biological treatment of unsorted municipal waste (MBT). Nutrients, heavy metals, impurities and weeds were analysed, compost stability assessed, and plant response tests performed. All the respirometric methods gave similar results – all of the composts were considered stable or very stable. Out of 23 composts, 10 did not qualify under ECN requirements in different reasons, most of which were avoidable. At least 4 of them could be easily be upgraded if technological measures are taken (avoiding weeds, selecting amendments of better quality etc). In some cases, the content of individual heavy metals exceeded limit values. As recommended, input material must be better selected, which is also required by law. Certification of composts is highly recommended as measures to guarantee the quality of compost. Certification body and scheme are proposed in Estonia, and will be in force during 2015. Both compost and composting facility will be the subject for certification.

The concentration of heavy metals in MBT-compost exceeded all limit values, and should not be used in agriculture.

Series of pot trials were performed by EMU according to several objectives. An indoor germination experiments were performed with all selected 23 composts. Germination dynamics were studied, and plants monitored for 5 weeks. As the germination was very much different, and it affects end use and marketing of compost, it was concluded that the compost producer should learn to perform similar test by itself. Based on that, a quick-response toxicity tests were performed with *Lepidium sativum*, *Phaseolus*, and *Lolium perenne* to allow the producer of

compost to examine its own product. Seminar with practical plant-response test was organised at EMU for students, university staff, and staff from composting companies.

Further container experiments were performed to evaluate composts as growing media for flowers and non-food plants. Three experiments were performed in greenhouse with Sanguna 'Petrosena', Calliente 'Pink' and Peacock 'Lavender Bicolor'. Better results were obtained, if the composition of low-grade compost was balanced with quality compost. Blending composts is common, however, this cannot be recommended because the amount of low-grade compost increases. It is reasonable to leave non-compliant composts out of agricultural use.

Additional pot experiment was carried out with salad cress and barley to test effect of compost use on heavy metal availability. Soils from Tartu and Kuusiku field experiment were used as reference, and mixtures with compost 275 kg N/ha and 500 kg N/ha were made. Compost increased nutrient concentration and pH in soil mixtures as expected. Cd and Pb concentration in compost were higher than in plain soils. With substrate with 100 % of compost cress did not germinate. Cd and Pb concentration in cress plant tissue remained below determination value in all variants. With increased application of compost, decrease of Cd in cress was observed. In barley grains concentration of Cd, Pb and was below determination value (Cd <0,05 mg/kg; Pb <0,5 mg/kg; Cr <0,7 mg/kg). In barley straw concentration of determined heavy metals was affected by soil but not by use of compost. Compost was safe to use.

Field trials were performed at Eerika, Tartu, by Estonian University of Life Sciences (EMU) and at Kuusiku by Estonian Crop Research Institute (ETKI) during three years (2012–2014). Jõelähtme compost was delivered to both sites every year. This compost was made of source-separated organic waste, category III animal by-products, and green waste. Comp-Any technology was used (windrow composting under semi-permeable membrane, forced aeration, 2×3 weeks of active composting which is followed by maturation in open windrows). Compost was sieved 10 mm.

Field tests were linked to existing scientific long-term experiments. In experimental site at Tartu, the pseudopodzolic soil was with low humus concentration (<2 %). In Kuusiku, soil was rich with humus. Compost was applied to soil in autumn before crop growing season. Variety of spring barley was "Anni".

The objective in Eerika, Tartu, was to reveal the effect of compost on spring barley yield and quality. In Tartu field experiment compost was applied at three application norm according to the total nitrogen – 200, 275 and 350 kg N/ha. Compost was spread by hand and mixed with soil on two plots with plough (depths 22 and 28 cm) and in shallow tillage plot with knife harrow.

Physical application norms varied depending on compost moisture and nitrogen concentration from 8 to 28 t/ha. In addition to compost and control variants there were plots with mineral fertilization (0, 40, 80, 120 and 160 kg N/ha) without organic amendments and crop rotation with solid farmyard manure. Highest yield increase with use of compost was in 2014. As an average of three years (2012–2014) barley yield increased by 0.87, 1.13 and 1.52 t/ha with compost norms 200, 275 and 350 kg N/ha respectively. There were no significant differences in grain yields between compost application norms. Year and mineral fertilization were most important factors determining yield of barley, but also the effect of compost was significant and this explained 12 % of yield variability. First year effect of compost increased barley yield by 30–41 %, residual effect in second resulted in increase of potato by 20–32 % and third year residual effect to wheat yield was 8–17 %. It's very important to consider positive secondary effect of compost as soil improver. Compared to the control plot the use of compost ensured additional income from 90 to 185 €/ha. The use of compost has positive or neutral effect to yield quality.

Weight of 1000 grains was higher in compost-amended soil. There were no significant differences in grain yields between compost application norms. Weight volume the grains was not affected by fertilisation. Heavy metal content in grains was below detection limit. As an effect of compost application, carbon content was increased in soil.

In Kuusiku field experiment fertilization (NPK mineral fertilizers; NPK + compost 13 t/ha; NPK + slurry 33 t/ha) and soil tillage (minimized with depth 8-10 cm; normal ploughing depth 22–25 cm; deep ploughing with depth 33–35 cm). With minimized tillage the use of compost increased barley yield by 2.9–5.7 %. In case of normal ploughing depth yield increase was 3.0–5.4 %. Deep ploughing resulted in lowest yield increase (0.2–2.4 %). In most of years yield change to due to compost use was insignificant. Compared to Tartu experiment low effect on barley yield in Kuusiku is expected because of mineral fertilizer use and original humus-rich soil.

Compost logistics and spreading issues were also studied. Compost as low nutrient content agent requires significantly more loading, hauling and storage capacity, compared to mineral fertilizer. On the other hand, there is wide assortment of technical means for loading compost, as it is not abrasive or chemically aggressive. For hauling operations it is useful to make profit from driving over frozen roads and soil, hence then transport damage is minimized and free transporting capacity (lorries and trailers are not in use during winter) is utilized.

Spreading equipment should have both feeding beaters and spreading discs for better and more even spreading result. This is recommended not only because environmental reasons, but also for establishing even crop. For in-field transport it is important consider soil protection measures (proper tires and pressures, possible double wheels), as recipient soil is often wet. Spread compost must be incorporated to soil as soon as possible. Shallower soil

treatment technique is recommended.

Theoretical calculations were made for two different composts (A and B) against mineral fertilizer on fertilizing rate N 170 kg/ha. Only nutrient content was used. Respective spreading rates were: compost A 8 t/ha, compost B 23 t/ha and mineral fertilizer 0,467 t/ha. An economically feasible hauling distance for compost (A) was 20 km in case of ploughing, and 30 km in case of disc harrowing. Using compost B was more expensive, than mineral fertilizer in any distance.

Safe use of compost requires increasing of public knowledge. Leaflets were produced as one outcome of a project: compost in hobby garden, compost in landscaping, and compost in agriculture. Active cooperation with Estonian Recycling Cluster and European Compost Network continues.

Final conclusions about safe use of compost cannot be made only as a base of four-year results. Experiments must be carried on, preferably according to similar methodology.

6. TEEMA RAAMES ILMUNUD PUBLIKATSIOONID:

Üliõpilaste magistri- ja bakalaureusetööd

Raid, M. 2011. Reoveesette kompostimise optimeerimine. EMU, MSc. 2011. Juh. M. Kriipsalu.

Linnasmägi, M-L. 2012. Ülevaade Eestis toodetud jäätmekompostidest. EMU, BSc. Juh. M. Kriipsalu ja H. Rossner.

Vilipõld, T. 2013. Reoveesette kompostimise optimeerimine ja energiabilansi arvutamine Valga trummelkomposti näitel. EMU, MSc. Juh. M. Kriipsalu, T. Tenno.

Lehtpuu, K. 2013. Kompostide stabiilsuse uurimine respiromeetrite meetoditega. EMU, MSc. Juh. K. Orupõld.

Kiviste, K. 2013. Komposteeritud olmejäätmed konteinertaimede kasvusubstraadina, EMU. Juh S. Vabrit.

Anderson, K. 2014. Puidujäätmete kompostimise uuring ja kompostimisplatsi projekteerimine. EMU, MSc. Juh M. Kriipsalu.

Kõiv, K. 2014. Sünteetiliste nanoosakeste mõju reoveesette kompostimisele. EMU, MSc. Juh M. Kriipsalu.

Kaseväli, M. 2014. Reoveesette kompostimist mõjutavate tegurite uurimine ning kompostimise optimeerimine Haapsalu reoveepuhasti näitel. EMU, MSc. Juh M. Kriipsalu.

Mai Buschmann, 2014. Biosöe kasutusvõimalused komposteerimise parandamisel ja toodetud komposti põllumajanduslikud kasutusvõimalused. EMU, MSc. Juh H. Raave, H. Rossner, A. Astover.

Artiklid

Vettik, Raivo; Tamm, Kalvi (2013). Sõnniku rahalise väärtuse ja kuivainesisalduse vaheline seos. Tiia Kangor, Sirje Tamm, Raine Lindepuu (Toim.). *Agronoomia* 2013: 220–225.

Astover, A., Lauringson, E., Rossner, H., 2014. Huumus näitab mulla kvaliteeti. *Maamajandus*, 7:3–5.

Kriipsalu, M., Raid, M., 2011. Reoveesette kompostimine külmal ajal. *Keskonnatehnika* 8: 11–15.

Rossner, H., Teesalu, T., Toomsoo, A., Leedu, E., Astover, A. 2011. Haava puitmassi jääkmuda ja klinkritolmu segu mõju suviteraviljadele. *Agronoomia* 2010/2011:101–108.

Vettik, R.; Viil, P.; Vösa, T., 2015. Biolagunevate jäätmete segust valmistatud komposti ja vedelsõnniku mõju odra saagikusele. *Agronoomia* 2015:105–112.

Teesalu, T., Täkker, J., Rossner, H., Toomsoo, A., Leedu, E., Astover, A., 2015. Väetamise mõju odra 'Anni' saagile ja saagikultuurile näivleeturunud mullal. *Agronoomia* 2015:95–100.

Haiba, E., Lillenberg, M., Kipper, K., Astover, A., Herodes, K., Ivask, M., Kuu, A., Litvin, S.V., Nei, L., 2013.

Fluoroquinolones and sulfonamides in sewage sludge compost and their uptake from soil into food plants. *African Journal of Agricultural Research*, 8(23):3000–3006.

Konverentsikogumikud ja muu materjal

Raid, M.; Vösu, R.; Kriipsalu, M., 2010. A study on kick-start composting of cold sewage sludge. F. Kaczala, S.

Arzur, I. Tjäder, W. Hogland (Eds.). 7th International Conference Linnaeus Eco-Tech'10 (223). Linnaeus University, Kalmar, Sweden.

Lääniste, P., Vabrit, S., Kriipsalu, M., Rossner H., Astover, A., 2012. Organic waste composts as potential fertilisers for cereal production in developing market conditions. 8th International Conference ORBIT 2012 – Global Assessment for Organic Resources and Waste Management. June 12–14, 2012, Rennes, France.

Kriipsalu, M., 2012 Baltic and Eastern Countries – Challenges and problems in starting situations with biodegradable waste management. 8th International Conference ORBIT 2012 – Global Assessment for Organic Resources and Waste Management. June 12–13, 2012, Rennes, France.

Rossner, H., Toomsoo, A., Teesalu, T., Kriipsalu, M., Astover, A., 2014. Horse manure co-composted with biochar affects degradation process and compost quality. ORBIT 2014, 9th Conference on Organic Resources and Biological Treatment. June 26–28, 2014, Gödöllő, Hungary.

Rossner, H., Raave, H., Kriipsalu, M., Astover, A. 2014., 2014. The effect of municipal organic waste compost on the spring barley. ORBIT 2014, 9th Conference on Organic Resources and Biological Treatment. June 26–28, 2014, Gödöllő, Hungary.

Menert, A., Kriipsalu, M., Anderson, K., Pihlap, E., Orupõld, K., Sipp Kulli, S., 2014. Study on biodegradability of

wood residues. ORBIT 2014, 9th Conference on Organic Resources and Biological Treatment. June 26–28, 2014, Gödöllő, Hungary.

Ricci-Jürgensen, M., Barth, J., Favoino, E., Kriipsalu, M., 2013. Regional Biowaste Workshops for the Implementation of Sustainable Biowaste Management. ISWA 2013 World Congress, October 7–11, 2013, Vienna, Austria.

Menert, A., Kriipsalu, M., Pihlap, E., Anderson, K., Orupõld, K., Toomik, E., Sipp Kulli, S. 2014. Study on biodegrading microbiota of wood residues. 2nd Congress of Baltic Microbiologists. October 16–19, 2014, University of Tartu.

Rossner, H., Raave, H., Kauer, K., Astover, A., 2013. Does biochar affect GHG emissions during composting? NJF Report 9/2: 2nd Nordic Biochar Seminar, February 14–16, 2013. Helsinki, Finland.

Juhendmaterjal komposti tarbijale: kompost hobiaias, kompost aianduses ja maastikukujunduses ning kompost põllumajanduses, 2014. Vastutav M. Kriipsalu. Tellija: Eesti Jäätmekäitlejate Liit.

Õpik

Kriipsalu, M., Maastik, A., Truu, J. 2015. Jäätmekäitus ja pinnase tervendamine (384 lk). SA Archimedes programmi 'Eestikeelsed kõrgkooliõpikud' raames valminud käsikiri. TTÜ kirjastus, kirjastamisel. Ilmumisaeg 2015.

Projekti juht (ees- ja perekonnanimi): Mait Kriipsalu	Allkiri:	Kuupäev: 27.03.2015
Taotleja esindaja kinnitus aruande õigsuse kohta (ees- ja perekonnanimi): Toomas Timmusk	Allkiri:	Kuupäev: 27.03.2015

Aastaruande täitmise juhend on kättesaadav Põllumajandusministeeriumi koduleheküljel <http://www.agri.ee>